



TITLE:

建築物の耐火性能と関連する結露現象に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

権藤, 尚

CITATION:

権藤, 尚. 建築物の耐火性能と関連する結露現象に関する研究. 京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13014>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	権藤 尚
論文題目	建築物の耐火性能と関連する結露現象に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本研究は、近年増加している全面ガラスカーテンウォール建屋のスパンドレル部にて散見される結露現象に対して、結露発生メカニズムを明らかにすると共に建築的な結露対策を提案するものであり、本研究の成果は以下のように要約される。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と既往の研究、研究の目的について述べている。近年、全面ガラスカーテンウォールの事務所建築が増加していることと、健康配慮の観点から「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」で述べられている最低湿度40%を冬季に維持する動きが進んでいることが相まって、スパンドレル部での結露が増加する傾向にある。しかし、このような結露を対象とした研究はこれまでほとんどなされておらず、本研究では耐火性能維持のために使用されるケイ酸カルシウム板の吸放湿の影響、高層建屋での煙突効果の影響の評価を行うとともに、その対策について実験とシミュレーションにより検討することを目的としている。</p> <p>第2章では、次章以降の熱水分移動解析の基礎となるスパンドレル部を構成する材料・部材の湿気特性や隙間特性を測定した。ケイ酸カルシウム板の表面塗装の湿気抵抗値がケイ酸カルシウム板20mmと同程度であり、塗装仕上げやウレタン等の湿気抵抗の影響を適切に評価することが重要であることを示した。また、ケイ酸カルシウム板の平衡含水率や放湿過程・吸放湿過程の重量変化などの吸放湿に関する基本的特性を求めた。さらに、スパンドレル部のモックアップを構築し、スパンドレル部構成部材の隙間特性を測定し、ケイ酸カルシウム板とサッシの間にガスケットを入れて気密性を高めると隙間の幅が$5.57 \times 10^{-4} [\text{mm}]$となることを示した。また、外気換気用に用いる10φ開口等の相当開口面積を求めた。</p> <p>第3章では、スパンドレル部で発生する結露の原因を明らかにし、種々の対策の効果を検証することを目的として結露実験を行った。まず、日射無し条件下で結露実験を行い、室内側の隙間等が結露に及ぼす影響を把握した。室内相対湿度が30%程度であれば顕著な結露は発生しないが、45%ではケイ酸カルシウム板周囲の隙間が大きいほど結露量は多くなり、結露防止には室内側の隙間を塞ぐ必要があることを示した。また、ケイ酸カルシウム板室内側の断熱、室内側への通気孔の設置はいずれも結露量の増加につながることを確認した。次に、模擬日射が有る場合の結露実験を行い、外気側隙間およびケイ酸カルシウム板の仕様が結露に及ぼす影響を把握した。外気側に換気孔を設けると中空層との換気が促進され結露量が少なくなるが、サッシ上下へ10φ開口を各4個設置しても、結露が解消するには至らないことを示した。また、ケイ酸カルシウム板の種類がガラス面結露に及ぼす影響は大きく、工場出荷時の初期含水率が低いゾノトライト系ケイ酸カルシウム板や、表面に金属板を設けたものは、中空層への放湿が少なくなり結露しにくくなることを明らかにした。さらに、実際の建屋において、隙間とボードの種類が異なる4種の試験体を用いて、それらが結露に及ぼす影響に関する検証実験を行った。結露防止に対して最も効果的であると考えられるガスケット</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	権藤 尚
<p>ットによる気密化およびケイ酸カルシウム板表面へのアルミ板貼付という仕様でも結露することを示した。</p> <p>第4章では、スパンドレル部の結露に対するシミュレーション手法を提案し、その精度を検証している。ガラスカーテンウォールスパンドレル部の結露対策について検討するための熱・湿気・空気移動の基礎式および数値計算手法を示した後、第2章で行ったケイ酸カルシウム板単体の放湿及び吸放湿実験を対象として精度検証を行った。平衡含水率曲線としては吸湿過程と放湿過程の平均的な平衡含水率曲線を、湿気伝導率としては高湿度で値が大きくなる曲線を用いることにより、実験値と一致する結果が得られることを示している。また、第3章で実施した結露実験を対象として、吸放湿実験の再現に用いた物性値により測定結果を再現できることを確認した。さらに、日射の有無にかかわらず隙間や断熱の影響を評価可能であること、隙間が小さい場合にはケイ酸カルシウム板の含水率の影響を大きく受けることを明らかにした。</p> <p>第5章では、開発した結露評価シミュレーションプログラムを用いてケーススタディーを行い、結露対策について検討を行っている。</p> <p>まず、建物の運用時の結露について検討した。高層建築の場合、建屋に大きな内外差圧が生じ、建物上部と下部とでは異なった差圧状況になる。東京に建つ高層建物を対象として、上・中・下層階における結露対策について検討を行い、以下の結果を得ている。結露排水弁がある場合は低層階と高層階でスパンドレル部に対する外気・室内空気の流入出の状況に違いが見られ、低層階では外気が流入し、高層階では室内空気が流入する。そのため、基準階と比べると低層階・中層階の結露量は減少し、高層階では増加する。6 mm×60 mmの換気孔を上下に各4個設けると、高層階においても外気換気量が多く、結露をほぼ解消できる。ガラスをペアガラスとすることでも結露防止には大きな効果がある。</p> <p>次に施工中にスパンドレル部にて発生する結露に関して、季節・方位・隙間・ケイ酸カルシウム板の塗装色等が結露発生に及ぼす影響について検討を行い、以下の結果を得ている。標準的な条件（室内側隙間「ガスケット」、外気側隙間「10φ結露排水弁2個」、ケイ酸カルシウム板の塗装色「白」）では、季節・方位によらずガラス面で結露が発生する。ガラス面に保水する期間は一ヶ月程度とさほど長くはなく一時的な結露であるため、様子を見ることも対応となりうる。保水時間は冬季が最も長く、南面の積算結露量が多い。しかし、中間期・夏季の積算結露量は西面、東面が多く、日射の当たり方により結露の状況が大きく変化する。外気側に6 mm×60 mmの換気孔を上下に各4個設けると結露は解消する。ケイ酸カルシウム板裏面にウレタンを施工した場合や塗装色をグレーにした場合は結露量が多くなる。</p> <p>第6章はまとめである。</p>			

氏 名	権藤 尚
-----	------

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、近年増加している全面ガラスカーテンウォール建屋のスパンドレル部において散見される結露現象に対して、結露発生のメカニズムを明らかにすると共に建築的な結露対策を提案するものであり、本研究の成果は以下のように要約される。

(1)防火を目的として用いられるケイ酸カルシウム板の湿気伝導率と吸放湿特性、塗装材と断熱材の透湿抵抗値および隙間特性値に関して、種々の測定によりその特性を明らかにした。

(2)モックアップを用いた実験室および実建屋における結露実験を行い、室内側および外気側の隙間特性、ケイ酸カルシウム板の仕様等が結露の発生とその程度に及ぼす影響を調べ、室内側の隙間を小さく外気側の隙間を大きくすること、ケイ酸カルシウム板の吸放湿を極力抑制するといった結露対策の基本的な方向性を示した。

(3)スパンドレル部の結露の発生と評価に関して、熱・湿気・換気を連成したシミュレーション手法を開発し、ケイ酸カルシウム板の吸放湿実験および結露実験を対象とした解析により、作成したプログラムの精度を検証した。さらにそれを用いてケイ酸カルシウム板の吸放湿および開口部の通気特性が結露に及ぼす影響を明確にした。

(4)施工中および運用段階において発生する結露に対して、開発したシミュレーションプログラムを用いてその原因を明らかにし、さらに初期含水率や煙突効果などが結露発生およびその程度に及ぼす影響を評価し、対策としての外気側換気孔やペアガラスの効果を示した。

以上のように、本論文はスパンドレル部における結露を抑制するために種々の基礎的な実験と解析を行うとともに、開発したシミュレーションプログラムを用いて建築技術の実務を考慮した結露対策を提案しており、得られた研究成果は建築環境分野に多大な貢献をするものと考えられる。内見の結果、本論文が博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 28 年 2 月 22 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。